

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

3-184386

PURPOSE: To improve wet-resistance, i.e., reliability and reduce the cost of manufacture by forming a metal layer of a laminate piezoelectric device with a metal material such as nickel or copper.

CONSTITUTION: On the surface of piezoelectric ceramic 1 a metal film 2 taking as ingredients a metal material of any one of nickel-phosphorus alloy, copper, copper-phosphorus alloy, and copper-zinc alloy is formed. A laminate is formed by laminating piezoelectric ceramic covered with such a metal film and heating the same with pressurization.

56664  
使用後は返却願います

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-184386

⑬ Int.Cl.<sup>3</sup>  
H 01 L 41/09

識別記号 庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)8月12日

7454-5F H 01 L 41/08

S

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全4頁)

⑮ 発明の名称 積層型圧電素子及びその製法

⑯ 特 願 平1-323388

⑰ 出 願 平1(1989)12月13日

⑱ 発 明 者 原 田 武 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研  
究所内  
⑱ 発 明 者 金 丸 昌 敏 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研  
究所内  
⑱ 発 明 者 河 野 類 臣 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研  
究所内  
⑱ 発 明 者 定 村 茂 埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地 日立金属株式会社磁性材料  
研究所内  
⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
⑲ 出 願 人 日立金属株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号  
⑲ 代 理 人 弁理士 韓 沼 辰之 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

積層型圧電素子及びその製法

2. 特許請求の範囲

1. 圧電セラミックス板と金属層とを交互に積層した積層体と、該積層体のそれぞれの側面に形成されかつ前記金属層と交互に接続される一対の外引出し用リード端子とからなる積層型圧電素子において、前記金属層は、ニッケル、ニッケル・リン合金、銅、銅・リン合金及び銅・亜鉛合金の少くとも一つの金属材料を用いて少くとも一層で形成されることを特徴とする積層型圧電素子。

2. 焼成した圧電セラミックス板の少くとも一方の表面に金属膜を形成する工程と、前記圧電セラミックス板を積み重ね加圧しながら加熱して接合する工程とを備え、前記金属膜は、ニッケル、ニッケル・リン合金、銅、銅・リン合金及び銅・亜鉛合金のいずれか一つの金属材料で形成されていることを特徴とする積層型圧電素子の製法。

の製法。

3. 焼成した圧電セラミックス板の少くとも一方の表面に金属膜を形成する工程と、前記圧電セラミックス板を金属層を介して積み重ね加圧しながら加熱して接合する工程とを備え、前記金属膜は、ニッケル・リン合金、銅・リン合金又は銅・亜鉛合金のいずれか一つの金属材料で形成されているとともに、前記金属層は、ニッケル又は銅のいずれか一方の金属材料で形成されていることを特徴とする積層型圧電素子の製法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、圧電セラミックスと金属層との積層体に係り、安価でかつ信頼性、特に耐湿性に優れた積層型圧電素子及びその製法に関する。

(従来の技術)

圧電セラミックスは機械的エネルギーと電気的エネルギーの変換を行う性質を有しており、力学量検出用センサやアクチュエータへの応用開発が盛んに進められている。ただし、圧電セラミックスの

印加電圧あたりの伸びが小さいために、実用的な変換を得るには非常に高い電圧を印加する必要がある。そこで、圧電セラミックスの厚さをなるべく薄くして多数枚積層する構造により、加電圧を低くする手段がよく用いられる。このような構造の圧電素子は積層型圧電素子と呼ばれる。

一方、積層型圧電素子の最も進んだ製造技術にグリーンシート法がある。この方法においては、圧電材料の粉末を適当な溶媒に分散させ、得られたスラリーをシート状に成形したものに電極用として金属ペーストをスクリーン印刷法等により塗布したのち、そのシートを多数枚積層して乾燥・焼結を行う。この製法により、圧電素子の最大伸び率として一般的な0.1%を得るための印加電圧を100Vにまで低減することができるようになった。このような従来のグリーンシート法による積層型圧電素子の公知例としては、例えば、特公昭59-32040号公報や、センサ技術第3巻第12号(1983)の第31頁に記載の論文などがある。

本発明の目的は、多湿雰囲気においても電極の短絡が発生せず、信頼性に優れた低コストの積層型圧電素子及びその製法を提供することにある。  
〔課題を解決するための手段〕

前記の目的を達成するため、本発明に係る積層型圧電素子は、圧電セラミックス板と金属層とを交互に積層した積層体と、積層体のそれぞれの側面に形成されかつ金属層と交互に接続される一対の外部引出し用リード端子とからなる積層型圧電素子において、金属層は、ニッケル、ニッケル・リン合金、銅、銅・リン合金及び銅・亜鉛合金の少くとも一つの金属材料を用いて少くとも一層で形成されるように構成されている。

そして積層型圧電素子の製法においては、焼成した圧電セラミックス板の少くとも一方の表面に金属膜を形成する工程と、圧電セラミックス板を積み重ね加圧しながら加熱して接合する工程とを備え、金属膜は、ニッケル、ニッケル・リン合金、銅、銅・リン合金及び銅・亜鉛合金のいずれか一つの金属材料で形成されている構成である。

〔発明が解決しようとする課題〕

従来の積層型圧電素子においては、圧電セラミックス板のグリーンシートの焼結と電極との積層が約1100℃～1300℃で同時に行われる。よって、電極の材料に高湿で安定な貴金属、特に白金や銀パラジウム(AgPd)合金が用いられることが多かった。ところが、銀パラジウム合金の電極を用いた圧電素子は、多湿雰囲気での動作において電極の短絡が発生するという問題点があった。この原因は、圧電素子の側面を保護するモールド用樹脂の内部に水が浸透して電極間が導通するためか、あるいは、積層体と樹脂との間に水の層が形成され、その中に銀がイオン(Ag<sup>+</sup>)として溶出しそれが電界に吸引され、隣りの電極付近に堆積して導通経路を形成するためと考えられる。この現象は一般にマイグレーションと呼ばれ銀電極を用いる電気部品に共通の課題である。

また、銀パラジウム合金は、貴金属で材料費が高価であるため素子全体の価格も高くなり、圧電素子の普及の障害となっている。

また焼成した圧電セラミックス板の少くとも一方の表面に金属膜を形成する工程と、圧電セラミックス板を金属層を介して積み重ね加圧しながら加熱して接合する工程とを備え、金属膜は、ニッケル・リン合金、銅・リン合金又は銅・亜鉛合金のいずれか一つの金属材料で形成されているとともに、金属層は、ニッケル又は銅のいずれか一方の金属材料で形成されている構成でも良い。

〔作用〕

本発明によれば、積層型圧電素子の金属層にニッケル又は銅系統の金属材料を用いることによって、ニッケルや銅は清浄な表面を有する場合は非常に活性な金属であるが、表面の酸化により電気化学的に安定な性質に酸化する。そこで両金属材料の活性面を利用して、焼結済の圧電セラミックス板同士を接合により積層することによって、そのまま金属層が電極として用いられる。

このような構造を有する積層型圧電素子は多湿雰囲気での動作中に水に濡れた状況が発生しても、電極の金属材料が水中にイオンとして溶出してマ

イグレーションを起こし、素子が絶縁破壊することがなくなる。

#### 〔実施例〕

本発明の一実施例を第1図により説明する。第1図は本発明による積層型圧電素子で、その側面をモールド用樹脂で被覆する前の状態の断面図である。

応力が加えられた場合に電気分極を生じる性質すなわち圧電性を有する誘電体セラミックスは圧電セラミックスと呼ばれ、チタン酸バリウム( $\text{BaTiO}_3$ )、チタン酸鉛( $\text{PbTiO}_3$ )、チタン酸ジルコン酸鉛( $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ )などが普及している。これらの圧電セラミックスの粉末を溶剤に混合して得られるペーストからグリーンシートを作り、これを焼結することにより得られる圧電セラミックス板1を複数枚用い、その各層間に電極板(金属層)2a, 2bを配置し、加圧しながら加熱して積層体を得た。この場合、電極板は金属材料としてニッケルまたはニッケル・リン合金もしくは銅または銅・リン合金または銅・

亜鉛合金のうちのいずれか少くとも一つの金属材料を用い、少くとも一層で形成した。この積層体の側面の2箇所に電極板2a, 2bの外部引出し用リード端子3a, 3bを形成し、電極板2a, 2bを外部引出し用リード端子3a, 3bにそれぞれ接続した。電極板2aと外部引出し用リード端子3b間及び電極板2bと外部引出し用リード端子3a間の絶縁は絶縁材4によって行った。

各電極板2a, 2bの特に望ましい構成は第2図に示すように、ニッケルまたは銅の心材21の両面にニッケル・リン合金または銅・リン合金もしくは銅・亜鉛合金の表皮材22を形成してある。

以上のような金属材料を電極板に採用すると次のような効果が得られる。

ニッケルを主成分として電極板を用いた場合、加圧及び加熱により積層体を形成する際に加熱温度900～1050℃では、電極板の表皮層のみ液相となるため、ニッケル・リン合金電極板表面の酸化皮膜が破壊し、その活性なニッケル・リン合金の液相が圧電セラミックスとの密着及び反応

を促進させる。一方、心材のニッケルは固相のままで、一定の電極板厚さを保持する。

銅を主成分とした電極板を用いた場合は、加熱温度700～1000℃の条件でニッケルを主成分とした場合と同じ効果が得られる。

次に本発明の製法についての一実施例を第3図を参照しながら説明する。第3図は圧電セラミックスと電極材料の積層方法を示した断面図である。

まず一層の電極板を用いる例を説明する。第3図に示すように圧電セラミックス1の表面にニッケル・リン合金、銅、銅・リン合金及び銅・亜鉛合金のいずれか一つの金属材料を成分とする金属膜2を形成した。その成膜方法としては金属材料のペースト塗布・焼成法、メッキ法あるいは蒸着やスパッタリングなどの物理化学的な気相成長法などが有効である。このような金属膜で被覆した圧電セラミックスを積み重ねて加圧しながら加熱により積層体を形成した。加圧力は例えば0.5 kg/cm<sup>2</sup>、接合雰囲気は大気あるいは不活性ガス(例えばAr)とした。加熱温度はニッケル・

リン合金の場合は850～1050℃、銅の場合は約1060℃、銅・リン合金の場合は700～950℃、銅・亜鉛合金の場合は800～950℃に設定することにより高い接合強度が得られた。

複数層の電極板を用いる他の実施例を説明する。

第4図に示すように、それぞれニッケル・リン合金または銅・リン合金もしくは銅・亜鉛合金を成分とする金属膜22を被覆した圧電セラミックス1と、ニッケル板または銅板21を交互に積み重ねて加圧及び加熱により積層体を形成した。この製法によれば合金の金属層のみ液相となり、金属膜2は固相のままで一定の電極板厚さを保持するため、積層体の各層が互いに平行に形成され圧電セラミックス板に曲げ応力が発生せず、結果として歪みの少ない積層体を得られる。

#### 〔発明の効果〕

本発明によれば、積層型圧電素子の金属層をニッケル又は銅系の金属材料で形成することにより、耐腐蝕性すなわち信頼性を向上させることができ、またその製造コストを低減することができる。

う 果が得られる。

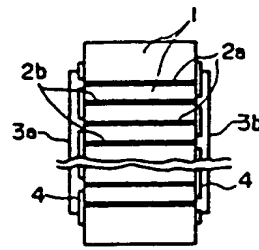
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例でモールド用樹脂を被覆する前の積層体を示す図、第2図は本発明の他の実施例を示す図、第3図及び第4図は本発明一実施例の積層型圧電素子の製法を説明する図である。

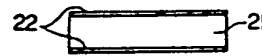
- 1…圧電セラミックス板、
- 2…電極板（金属層）、
- 3…引出し用リード端子。

代理人 樋 沼 辰 之

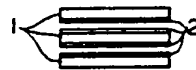
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

